ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUILLET 1919.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Existence d'une relation approchée, signalée par M. Carvallo dans le quartz, entre les deux pouvoirs rotatoire (ordinaire) et dispersif des corps.* Note (¹) de M. **J. Boussinesq.**

I. Les pages 623 et 624 du Tome 2 de mon *Cours de Physique mathématique de la Faculté des Sciences* (²) ont été consacrées à une deuxième approximation de la théorie de la polarisation rotatoire ordinaire, où se trouve mise en vue une relation empirique, signalée par M. Carvallo dans le quartz, entre les deux pouvoirs rotatoire et dispersif, savoir, la proportionnalité approchée du pouvoir rotatoire à l'expression $k^2(N^2 - \text{const.})$ pour les diverses radiations simples, à périodes vibratoires $\frac{2\pi}{k}$ et à indices de réfraction N (³). Il est facile de compléter cette théorie, tout en la simplifiant au fond, et sans négliger, dans l'uniformisation des résistances opposées par les molécules pondérables aux vibrations pendulaires de l'éther, les termes *de troisième approximation*, qui contiennent les paramètres différentiels du quatrième ordre $\Delta_2 \Delta_2$ des accélérations.

(¹) Séance du 15 juillet 1919.

(²) Paris, Gauthier-Villars, 1903.

(³) C'est dans un Mémoire inséré au numéro de mai 1897 des *Annales de Chimie et de Physique* (6ᵉ série, t. 26). M. Carvallo y trouve, en utilisant les meilleures observations, que le pouvoir rotatoire du quartz est proportionnel à l'expression

$$k^2\left(N^2 - \frac{21,027}{11,970}\right) = k^2(N^2 - 1,756).$$

La formule (a) de la page 580 du même Tome 2, pour passer de la valeur brute d'une fonction φ en tout point (x, y, z), à la valeur *uniformisée*, par l'introduction de sa moyenne φ_m à l'intérieur d'une petite sphère de rayon constant ε décrite autour de (x, y, z) comme centre, est alors

$$(1) \qquad \varphi = \varphi_m - \frac{\varepsilon^2}{10}\Delta_2\varphi_m + \frac{9\varepsilon^4}{1400}\Delta_2\Delta_2\varphi_m.$$

Toutes nos fonctions, comme ξ, η, ζ (déplacements élastiques de l'éther), à variations pendulaires en t, fonctions dont φ désignera l'une quelconque, se trouvent, à une approximation déjà très haute, régies par l'équation aux dérivées partielles

$$(2) \qquad \frac{d^2\varphi}{dt^2} \text{ ou } \varphi'' = a^2\Delta_2\varphi \qquad \left(\text{d'où } \Delta_2\varphi = \frac{\varphi''}{a^2} = -\frac{k^2}{a^2}\varphi\right),$$

a y étant une vitesse constante de propagation $\left(\text{liée à la période } \frac{2\pi}{k}\right)$. Et cette équation (2) peut même être censée exacte quand on annule le coefficient spécifique α, toujours fort petit, auquel est dû justement le pouvoir rotatoire.

Comme les termes qu'affecte ce coefficient α ne modifient pas d'une manière appréciable la dispersion des rayons ou les indices N de réfraction, les Δ_2 et $\Delta_2\Delta_2$ s'évalueront par la dernière équation (2). Si donc on appelle f la constante, un peu supérieure à l'unité,

$$(3) \qquad f = 1 + \frac{\varepsilon^2 k^2}{10a^2} + \frac{9}{14}\left(\frac{\varepsilon^2 k^2}{10a^2}\right)^2,$$

la formule (1) deviendra

$$(4) \qquad \varphi = f\varphi_m.$$

Ainsi, l'uniformisation de chaque fonction à transformer se fera en substituant, à la valeur *brute*, donnée en (x, y, z), de la fonction, le produit de sa valeur uniformisée ou définitive par le facteur constant f.

II. Mais traitons d'abord la question de la dispersion (où $\alpha = 0$), en nous bornant aux vibrations de période très courte, pour lesquelles le terme dit *de Briot* est insensible, et (du moins dans le quartz) aux rayons presque parallèles à l'axe optique, propagés comme si le milieu était isotrope, sans contraction ni dilatation cubiques appréciables de l'éther.

Dans la première, par exemple, des trois équations de mouvement, où, par unité de volume, la force motrice de l'éther s'écrira $\rho\frac{d^2\xi}{dt^2}$, c'est-à-dire,

plus simplement, $\rho\xi''$, et vaudra l'impulsion élastique $\mu\Delta_2\xi$ de celui-ci, accrue algébriquement de la résistance, ayant la forme $-\rho A\xi''$, de la matière pondérable, nous aurons (même Tome 2, p. 439) à uniformiser cette résistance par la formule (1). Elle deviendra ainsi, en employant une seule fois la dernière formule (2) (pour ramener $\Delta_2\Delta_2\xi''$, c'est-à-dire $-k^2\Delta_2\Delta_2\xi$, à $\Delta_2\xi$), et en supprimant l'indice m désormais inutile,

$$-\rho A\xi'' - \frac{\rho A\varepsilon^2 k^2}{10}\left(1 + \frac{9}{14}\frac{\varepsilon^2 k^2}{10 a^2}\right)\Delta_2\xi.$$

Si nous posons, pour abréger,

$$(5) \qquad \varkappa = \frac{\rho A\varepsilon^2}{10\mu},$$

cette expression des résistances devient

$$(6) \qquad -\rho A\xi'' - \mu\varkappa k^2\left(1 + \frac{9}{14}\frac{\mu\varkappa}{\rho A}\frac{k^2}{a^2}\right)\Delta_2\xi.$$

Transposons la première partie, $-\rho A\xi''$, dans le premier membre $\rho\xi''$ de l'équation du mouvement; et celle-ci, après division par $\rho(1+A)$, sera

$$(7) \qquad \xi'' \text{ ou } \frac{d^2\xi}{dt^2} = \frac{\mu}{\rho(1+A)}\left[1 - \varkappa k^2\left(1 + \frac{9}{14}\frac{\mu\varkappa k^2}{\rho A a^2}\right)\right]\Delta_2\xi.$$

Or a^2 est ici, d'après la première (2), le quotient de ξ'' par $\Delta_2\xi$; et l'on a

$$a^2 = \frac{\mu}{\rho(1+A)}\left[1 - \varkappa k^2\left(1 + \frac{9}{14}\frac{\mu\varkappa k^2}{\rho A a^2}\right)\right].$$

Le terme le plus petit, en $\mu\varkappa k^2$, du binome entre parenthèses, ne sera altéré que d'une fraction négligeable de sa valeur, par la substitution, à a^2, de sa partie de première approximation, seule très notable, obtenue en annulant $\varkappa$, et qui est le quotient de μ par $\rho(1+A)$. Il vient donc ainsi, pour régir la dispersion, la formule

$$(8) \qquad a^2 = \frac{\mu}{\rho(1+A)}\left[1 - \varkappa k^2\left(1 + \frac{9}{14}\frac{1+A}{A}\varkappa k^2\right)\right].$$

Introduisons le carré N^2 de l'indice de réfraction, rapport de $\frac{\mu}{\rho}$ à a^2. Nous aurons enfin, entre N et k, la relation assez simple

$$(9) \qquad \varkappa k^2\left(1 + \frac{9}{14}\frac{1+A}{A}\varkappa k^2\right) = \frac{N^2 - 1 - A}{N^2}.$$

III. Arrivons maintenant à l'étude de la polarisation rotatoire. Nous observerons d'abord que le petit rayon ε d'uniformisation convenant le mieux doit être pris, dans chaque question, en rapport de grandeur, jusqu'à un certain point (p. 439 et 579 du Tome 2), avec les intervalles et le diamètre des molécules pondérables qu'on y considère. Or, celles-ci sont supposées (p. 455) plus grosses dans la théorie de la polarisation rotatoire que dans tous les autres chapitres de l'optique. Attendons-nous donc, si nous y appelons ε' la valeur de ε la mieux choisie pour les termes produisant, en quelque sorte, cette polarisation, à trouver ε' supérieur au coefficient ε des formules précédentes concernant les termes de dispersion. Aussi égalerons-nous ε'^2 au produit de ε^2 par un coefficient constant, $1+\theta'$, plus grand que l'unité. Cela changera l'expression (3) du coefficient f d'uniformisation à employer, pour ces termes de polarisation rotatoire, en celle-ci :

$$f' = 1 + (1+\theta')\frac{\varepsilon^2 k^2}{10a^2}\left[1 + \frac{9}{14}(1+\theta')\frac{\varepsilon^2 k^2}{10a^2}\right].$$

La constante positive θ' doit être généralement comparable à 1 ; mais, en vue d'éviter une certaine complication des formules, nous admettrons au moins provisoirement, pour θ', une petitesse du même ordre que pour $\frac{\varepsilon^2 k^2}{10a^2}$, permettant de supprimer les termes en θ'^2 et en $\theta'\varepsilon^4$. Nous pourrons alors, sauf erreur relative négligeable, dans le *petit* terme (en ε^2) du facteur entre crochets, réduire $1+\theta'$ à 1 et remplacer a^2 par le rapport de μ à $\rho(1+A)$, puis éliminer de la formule ε^2 par (5), en observant de plus que $\frac{\mu}{\rho a^2}$ est, par définition, N^2. Il viendra

$$f' = 1 + (1+\theta')\frac{N^2}{A}\varkappa k^2\left(1 + \frac{9}{14}\,\frac{1+A}{A}\varkappa k^2\right),$$

expression que la relation (9) transforme en

$$(10)\qquad f' = 1 + (1+\theta')\frac{N^2-1-A}{A} = \frac{N^2-1}{A}\left(1+\theta'\frac{N^2-1-A}{N^2-1}\right).$$

Cela posé, introduisons dans la première équation du mouvement la très petite partie en α de la résistance de la matière pondérable, partie s'ajoutant au terme principal $-\rho A\xi''$ et qui est, d'après la première formule (218) du même Tome 2 (p. 456),

$$-\rho\alpha\left(\frac{d\eta''}{dz} - \frac{d\zeta''}{dy}\right).$$

Après uniformisation par l'emploi du facteur f' ci-dessus, cette partie, à

joindre au second membre de l'équation, deviendra donc

$$-\rho\alpha\frac{N^2-1}{A}\left(1+\theta'\frac{N^2-1-A}{N^2-1}\right)\left(\frac{d\eta''}{dz}-\frac{d\zeta''}{dy}\right).$$

En divisant par $\rho(1+A)$, l'équation du mouvement sera, au lieu de (7) et vu la valeur (8) de a^2,

$$(11)\qquad \xi''=a^2\Delta_2\xi-\frac{\alpha}{1+A}\,\frac{N^2-1}{A}\left(1+\theta'\frac{N^2-1-A}{N^2-1}\right)\left(\frac{d\eta''}{dz}-\frac{d\zeta''}{dy}\right).$$

Son identification à la première de nos équations *type* (220) (même Tome, p. 458), où nous savons qu'il faudra annuler la dilatation cubique θ, se fait immédiatement, à la condition de prendre, pour le petit coefficient g de celles-ci, l'expression

$$(12)\qquad g=\frac{1}{2}\,\frac{\alpha}{1+A}\,\frac{N^2-1}{Aa}\left(1+\theta'\frac{N^2-1-A}{N^2-1}\right).$$

Et il en sera de même pour les deux autres équations du mouvement.

Or, la formule (230) du même Tome 2 (p. 460) montre que le pouvoir rotatoire, c'est-à-dire la rotation du plan de polarisation d'un rayon de lumière simple par unité de longueur parcourue, est $\frac{gk^2}{a}$. On aura donc finalement, en observant que l'inverse de a^2 a la valeur $\frac{\rho N^2}{\mu}$,

$$(13)\qquad \text{Pouvoir rotatoire}=\frac{\rho\alpha k^2}{2\mu}\,\frac{N^2}{1+A}\,\frac{N^2-1}{A}\left(1+\theta'\frac{N^2-1-A}{N^2-1}\right).$$

A part le facteur k^2 inversement proportionnel au carré de la période, le pouvoir rotatoire n'est ainsi fonction, explicitement, que de l'indice de réfraction N *ou, par suite, que du pouvoir dispersif.*

Appelons, pour abréger, γ la petite quantité N^2-1-A, dont le carré aura son produit par θ' négligeable. Nous pourrons remplacer N^2 par $1+A+\gamma$ et N^2-1 par $A+\gamma$, puis développer le second membre de (13), devenu

$$\frac{\rho\alpha k^2}{2\mu A(1+A)}\left[(1+A+\gamma)(A+\gamma)+\theta'(1+A+\gamma)\gamma\right].$$

L'expression entre crochets sera successivement, en remplaçant finalement le terme γ par N^2-1-A,

$$\begin{aligned}&A(1+A)+(1+2A+\theta'+\theta'A)\gamma+\gamma^2\\&=(1+2A+\theta'+\theta'A)\left[\frac{A(1+A)}{1+2A+\theta'+\theta'A}+\gamma+\frac{\gamma^2}{1+2A}\right]\\&=(1+2A+\theta'+\theta'A)\left[N^2-1-A\,\frac{A+(1+A)\theta'}{1+2A+(1+A)\theta'}+\frac{\gamma^2}{1+2A}\right].\end{aligned}$$

La formule (13), par la substitution,

$$\text{à} \quad \frac{A+(1+A)\theta'}{1+2A+(1+A)\theta'}, \quad \text{de} \quad \frac{A}{1+2A}\left[1+\frac{(1+A)^2}{A(1+2A)}\theta'\right],$$

est alors

(14) Pouvoir rotatoire =

$$\frac{\rho\alpha k^2}{2\mu}\frac{1+2A+(1+A)\theta'}{A(1+A)}\left[N^2-1-\frac{A^2}{1+2A}\left(1+\frac{(1+A)^2}{A(1+2A)}\theta'\right)+\frac{(N^2-1-A)^2}{1+2A}\right].$$

Il suffit d'y négliger le très petit terme du second ordre, en $(N^2-1-A)^2$, pour qu'elle prenne la forme de celle que les résultats de l'expérience ont suggérée à M. Carvallo chez le quartz, savoir, la proportionnalité du pouvoir rotatoire à un produit ayant l'expression $k^2(N^2-\text{const.})$.

IV. La constante qui se trouve ici retranchée de N^2 dans la parenthèse excède, comme on voit, l'unité de la quantité

$$(15) \qquad \frac{A^2}{1+2A}+\frac{A(1+A)^2}{(1+2A)^2}\theta',$$

qui, dans le cas du quartz où A vaut *environ* $\frac{4}{3}$, est

$$0,485+0,540\,\theta'.$$

Or, les calculs de M. Carvallo ont donné, d'après l'ensemble des expériences, un pouvoir rotatoire proportionnel à $k^2(N^2-1,756)$; ce qui conduirait à prendre 0,271 comme valeur du terme $0,540\,\theta'$. Et il en résulterait $\theta'=\frac{1}{2}$, fraction bien forte pour justifier la suppression, que nous avons effectuée partout, des termes en θ'^2.

Il y aurait donc peut-être lieu, si un choix plus précis de A n'abaissait pas cette fraction, de compléter notre analyse par la mise en compte des termes en θ'^2, et, peut-être aussi, d'attribuer une certaine valeur moyenne au carré $(N^2-1-A)^2$, plutôt que de le supprimer.

Toutefois, le calcul précédent et facile (quoique semblant ainsi insuffisant) du terme linéaire en θ' a l'avantage de montrer dans quel sens il convenait de modifier les résultats, pour ainsi dire de première approximation, qu'aurait donnés l'hypothèse, naturelle en apparence, $(\theta'=0)$ de l'égalité des rayons ε d'uniformisation, dans les deux théories de la dispersion et du pouvoir rotatoire, ou, plus exactement, dans les termes en $\varkappa$ et dans les termes en α. Mais, les premiers dépendant de ξ'', η'', ζ'' et, les seconds, des dérivées de ξ'', η'', ζ'' en x, y, z, leur différence de nature est profonde; d'où l'inégalité de ε et de ε'.

CHIMIE AGRICOLE. — *Action des fluorures sur la végétation : B. Cultures en champ d'expériences.* Note de MM. **Armand Gautier** et **P. Clausmann**.

Les essais préliminaires de cultures avec ou sans addition de fluor que nous avions tentés en 1913 et 1914 sur poudres de verre ou de charbon ([1]) ne nous avaient pas entièrement renseignés sur l'influence que le fluor exerce sur la végétation et plus particulièrement sur la vigueur des plantes les plus usuelles. En effet, ces premières cultures avaient été faites en vases, sur milieux entièrement artificiels et sur de trop petites quantités à la fois; et un peu d'alcali avait été apporté avec le fluor par les fluorures solubles ajoutés dans tous ces essais, en minime proportion il est vrai. Nous nous sommes donc décidés à n'employer le fluor que sous forme de fluorure de calcium amorphe ([2]), sel sensiblement soluble dans l'eau sous cet état et contenant environ la moitié de son poids de fluor.

Le champ d'expérience très homogène choisi par nous à Lainville (Seine-et-Oise) avait $109^{m},50$ de long sur 16^{m} de large. Il est formé d'une terre argilo-siliceuse, à peine calcaire, contenant à l'état naturel 88^{mg} de fluor par kilogramme; on ajoutait dans toutes les parcelles à fluorer $55^{g},8$ de fluorure de calcium amorphe par surface de 1^{m^2} ([3]), sur une épaisseur de $0^{m},25$, ce qui répond à 100^{mg} de fluor par kilogramme de terre. Ce champ avait subi deux ans de friche et sa surface avait été divisée en 18 planches, deux à deux égales, toutes séparées l'une de l'autre par une petite allée de $0^{m},90$; l'une était fluorée, l'adjacente ne l'était pas. L'addition de fluorure de calcium introduisant dans les parcelles fluorées un peu de chaux, on eut soin de répartir dans les non fluorées correspondantes la quantité de craie pulvérisée équivalente.

Le Tableau suivant donne la superficie et la nature des cultures de chaque parcelle, deux à deux, de mêmes surfaces, de notre champ d'essais :

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 976.

([2]) Produit en saturant le carbonate de chaux par l'acide fluorhydrique pur.

([3]) Ou $5^{kg},5$ par are sous une épaisseur de $0^{m},25$.

	Parcelles.	Superficie par parcelle.
		m²
Culture du blé	1 et 2	153,265
» de l'avoine	3 et 4	153,265
» de la carotte	5 et 6	73,990
» de la pomme de terre	7 et 8	70,517
» de la betterave	11 et 12	70,517
» des haricots	13 et 14	70,517
» des choux	15 et 16	31,106
» du pavot	17 et 18	31,10

Pour ces cultures en grandes surfaces et sous ces conditions pratiques comparables, on a dû se borner à quelques-unes des plantes le plus usuelles.

A. Blé (année 1916). — Semé le 4 avril 1916. Le 4 juillet, le blé fluoré paraît plus beau. Récolté le 23 août; bonne maturation.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
	kg	kg
Poids du grain	23,515	27,500
Poids de la paille	46,575	53,500
Récolte entière sèche	70,090	81,100

L'efficacité des fluorures est ici évidente. La récolte totale fluorée a augmenté de 13 pour 100, celle en grains de 18 pour 100, soit de près d'un cinquième.

L'année d'après (1917), nous avons aussi essayé comparativement nos cultures sur le même champ, mais cette fois en ne renouvelant plus l'apport du fluor et comparant les récoltes des parcelles qui avaient été fluorées l'an d'avant celles des parcelles non fluorées. On a pris le soin que les comparaisons se fissent toujours entre parcelles ayant porté, autant que possible, l'année précédente, même espèce de récoltes. Les résultats de 1917 sont donc un peu moins expressifs que ceux de 1916, mais ils peuvent contribuer à nous éclairer pratiquement. Nous les signalerons donc successivement.

Blé (1917).	Terre arable ordinaire.	Terre fluorée l'année précédente.
	kg	kg
Grain	10,800	10,300
Paille	34,700	34,000
Récolte totale	45,500	44,300

L'avantage du fluor ne s'est donc pas maintenu l'année d'après l'addition du fluor au terrain de culture.

B. Avoine (1916). — Semée le 4 avril 1916, levée le 15 avril. Plus belle, plus brillante, plus haute dans le champ fluoré. Récoltée le 19 août.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
	kg	kg
Poids du grain	26,410	27,795
Paille	64,590	74,205
Récolte totale	91,000	102,000

Gain de la récolte fluorée totale...... 12 pour 100
Gain du grain........................ 5,2 »

Avoine (1917). — Mêmes conditions que ci-dessus.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée l'an précédent.
	kg	kg
Poids du grain	13,950	15,500
Poids de la paille	29,950	25,950
Récolte totale	43,400	41,450

Le poids du grain récolté sur la parcelle fluorée l'an précédent est ici un peu supérieur (9 pour 100 en plus); la récolte totale est un peu inférieure.

C. Orge (1917). — L'orge n'avait pas été cultivée en 1916. En 1917, les deux carrés d'orge où l'on avait, l'an précédent, récolté du blé, ont donné :

	Terrain non fluoré.	Terrain fluoré un an avant.
	kg	kg
Grain	18,345	18,195
Paille	36,155	37,805
Récolte entière	54,500	56,000

Cette expérience mérite d'être reprise sur champ fluoré l'an même de la récolte. L'action utile du fluor semble ici quelque peu douteuse.

D. Carottes (1916). — Semées le 9 mai. Le 4 juillet, les plants fluorés sont plus beaux que les non fluorés. En août, cette supériorité se maintient bien sensible. On récolte le 4 novembre en coupant les fanes au collet, débarrassant de radicelles et de terre, lavant, séchant 8 jours sur le sol.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
Poids de la récolte	305^{kg},500	360^{kg},200

Gain pour la récolte fluorée : 17,9 pour 100.
Culture de Carottes en 1917; le terrain fluoré l'avait été l'an d'avant :

	Terrain ordinaire.	Terrain fluoré.
Récolte	154^{kg},100	189^{kg},015

On constate donc ici, la seconde année, sans nouvelle addition de fluor, une augmentation de récolte : 22,6 pour 100.

E. Pommes de terre (1916). — Semées le 15 avril. Levées le 16 mai. Le 4 juillet, les plants fluorés sont bien plus feuillus. Le 13, même faciès.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
Récolte	$69^{kg},350$	$70^{kg},200$

Le poids des pommes de terre fluorées dépasse peu celui des non fluorées, quoique les tubercules fluorés soient plus jolis, plus forts, plus sains. Les pommes de terre avaient été plantées l'une et l'autre sur l'ancien champ de carottes de 1916.

En 1917, l'avantage de la parcelle fluorée l'an précédent est très sensible, et cela dès le début; les plantes sont plus feuillues, plus fleuries. Le 1er août elles restent plus vigoureuses sans faner :

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
Récolte 1917	$10^{kg},100$	$16^{kg},025$

Le fluor, ajouté un an auparavant, paraît donc avoir influé très favorablement sur cette précieuse récolte qui, sous son influence, a gagné 58,66 pour 100. Étant donnée l'importance de ce végétal comestible, ce résultat mérite confirmation nouvelle.

F. Betteraves. — Semées le 9 mai 1916. Levées le 18 mai. En juillet, les fluorées ont un feuillage sensiblement plus développé. Le 13 août, même apparence des deux parts. Récolte le 22 octobre; privées de feuilles et de radicelles et séchées à l'air, elles ont donné :

Récolte (1916).	Terrain ordinaire.	Terrain fluoré.
Racines	$212^{kg},450$	$198^{kg},225$

En 1917, dans les conditions ci-dessus dites, on a semé des betteraves sur ces mêmes parcelles.

Récolte (1917)	Terrain ordinaire.	Terrain fluoré l'an d'avant.
Racines	$120^{kg},00$	$105^{kg},500$

C'est une confirmation des résultats de 1916. Les fluorures ne sont donc pas avantageux à cette culture.

G. Pois (1916). — Ils ont été semés le 18 mai. Le 4 juillet, les plantes fluorées sont plus belles. Le 10 août, l'avantage de fluorées se poursuit.

Récolte 1916 (16 août).	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
Graines	$10^{kg},450$	$11^{kg},050$

Les pois fluorés sont plus beaux, plus brillants, plus égaux.

Gain des fluorés : 5,70 pour 100.

Un nouvel essai a été tenté en 1917 sur les terrains fluorés l'an précédent.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
Graines	$4^{kg},465$	$5^{kg},030$
Volume des graines	$5^{l},5$	6^{l}

Les pois fluorés sont plus beaux et plus lourds.

Bénéfice des fluorés : 12,65 pour 100.

H. Haricots. — Semés le 10 mai 1916; levés le 30 mai. En juillet, les plants de haricots en terre fluorée sont sensiblement plus maigres, plus grêles qu'en terre ordinaire. 13 août : apparence un peu meilleure des non fluorés.

Récolte (13 septembre).	Terrain naturel.	Terrain fluoré.
Poids des graines	$10^{kg},200$	$9^{kg},730$

Le fluor ne paraît pas avoir ici une influence bien sensible.

En 1917, nous avons repris cette expérience sur les mêmes parcelles, mais sans autre addition de fluorure de calcium.

Récolte (6 octobre).	Plantes non fluorées.	Plantes fluorées.
Poids des graines	$6^{kg},270$	$6^{kg},800$

Ces résultats sont analogues à ceux de l'an précédent.

I. Fèves (1917). — Les fèves n'avaient pas été étudiées en 1916. En 1917, elles ont donné les résultats suivants :

Champ non fluoré. — Plantes moyennes, mais dont les feuilles se flétrirent, noircirent et tombèrent vers le 1er août.

Champ fluoré, plantes bien plus belles, tiges bien érigées; la feuille noircit sans s'affaisser vers le 1er août.

Récolte (6 octobre).	Terrain ordinaire.	Terrain fluoré.
Poids des graines	$2^{kg},950$	$4^{kg},350$

La récolte fluorée l'emporte donc de 47,4 pour 100 sur la non fluorée.

J. Choux. — Choux cabus semés le 3 mai 1916, l'un et l'autre en même sol de jardin. Levés le 18 mai, puis repiqués le 4 juillet, ayant alors 10^{cm} à 15^{cm} de haut, les uns dans la terre ordinaire, les autres en même nombre dans la terre fluorée.

13 août : très sensible supériorité des choux fluorés. On les arrache avec leurs racines, on les prive de terre adhérente et on les pèse.

	Terre non fluorée.	Terre fluorée.
Poids	91^{kg},440	92^{kg},710

Les pieds étaient assez maigres dans les deux cas. La terre de Lainville est très pauvre en calcaire nécessaire à ce végétal.

Mêmes choux cultivés en 1917 dans les conditions susdites sans renouveler le fluor. 1er août : égalité apparente des choux avec ou sans fluor. Récolte le 9 novembre.

	Terrain non fluoré.	Terrain fluoré.
Poids de 125 têtes de choux	105^{kg},700	85^{kg},600

Le fluor ne paraît pas favorable à cette culture.

K. Navet (1917). — Semé le 28 juin. La récolte a été faite le 5 octobre.

	Terre non fluorée.	Terre fluorée.
Poids des tubercules privés de leurs fanes et racines	64^{kg},700	54^{kg}

Le fluor n'est donc pas favorable à cette culture qui n'avait pas été tentée en 1916.

L. Pavot (1916). — Semé le 21 avril, levé le 15 mai. En juillet la parcelle non fluorée est sensiblement supérieure. 13 août : même observation, les plantes non fluorées sont plus hautes, plus feuillues; le 7 septembre, égalité apparente; on prend en chaque parcelle le même nombre de plants placés dans les mêmes conditions d'éclairement et de terrain. Récolte le 20 septembre.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
Poids des graines	250^{g}	285^{g}

Ce résultat favorable nous a surpris; le gain en graines fluorées étant de 14 pour 100, alors que l'aspect des deux végétations paraissait jusqu'en août être en faveur de la non fluorée.

M. Moutarde. — Nous ne l'avons cultivée en plein champ qu'en 1917.

Le terrain, fluoré l'année précédente seulement, avait porté des choux dans les deux cas. La végétation a paru égale des deux côtés. La récolte se fait le 20 août 1919.

	Terrain ordinaire.	Terrain fluoré.
Poids des graines..............	2^{kg},310	2^{kg},265

Cette plante semble indifférente au fluor.

N. Poireaux. — Ils ont été repiqués le 10 juillet. Leur culture n'a été tentée qu'en 1917, et comparativement sur le champ à l'état naturel et sur même surface fluorée l'an précédent seulement. 30 octobre : légère supériorité apparente pour la parcelle non fluorée.

10 novembre : récolte.

	Terre non fluorée.	Terre fluorée.
500 poireaux................	62^{kg},500	63^{kg},400

Ainsi, dans ce cas, action légèrement favorable du fluor.

Les résultats de nos cultures en terrains arables fluorés comparativement aux non fluorés peuvent se résumer comme il suit :

Blé. — Accroissement de récolte totale : 13 pour 100. Augmentation des grains : 18 pour 100.

Avoine. — Augmentation de récolte : 12 pour 100; accroissement du grain : 5,20 pour 100.

Carottes. — Gain des fluorées : 17,9 pour 100.

Pomme de terre. — Légère supériorité la première année s'étant élevée à un gain de 58,7 pour 100 l'année d'après.

Betteraves. — Déficit pour les fluorées.

Pois. — Légère supériorité : 5,70 pour 100 en plus la première année; 12,6 pour 100 la seconde.

Haricots. — Égalité.

Choux. — Égalité la première année.

Pavot. — Gain 14 pour 100.

Ainsi le *blé*, l'*avoine*, la *carotte*, la *fève*, le *chou*, les *pois*, le *pavot*, la *pomme de terre*, le *chanvre* lui-même (en pots) c'est-à-dire quelques-uns de nos produits végétaux les plus précieux, sont favorisés, toutes choses restant d'ailleurs égales, par l'addition au sol arable des fluorures et particulièrement du fluorure de calcium en poudre amorphe à la dose de 5^{kg} (1).

---

(1) Le fluorure de calcium cristallisé ou les fluophosphates naturels n'ont pas même efficacité.

Le seigle, l'orge, le sarrazin, le haricot, la moutarde, paraissent insensibles ou peu sensibles à cet engrais. La betterave, le navet, l'oignon sont contrariés par les fluorures.

On remarquera que toutes ces cultures ont été faites en plein champ sur une terre argilo-sablonneuse pauvre, n'ayant reçu aucun engrais, si ce n'est $0^{g},200$ de fluorure de calcium *amorphe* par kilogramme de terre arable [1] par hectare.

Étant donnée la faible solubilité du fluorure de calcium, on aurait pu sans inconvénient doubler ou tripler sa dose et arriver à des résultats encore plus décisifs, produire peut-être des végétaux plus riches que les naturels en fluor et dès lors peut-être utilisables directement en dictétique.

N'oublions pas que nous avons établi que le fluor accompagne partout le phosphore dans les tissus, qu'il s'assimile et s'élimine avec lui, qu'il semble assurer la fixation de cet élément dans les organes vivants et que ce phosphore lui-même est le grand excitateur de la reproduction des tissus et de la fructification des végétaux. Il semble donc qu'on doive attendre de l'association de ces matériaux, fluorures et phosphates, une augmentation sensible de la vitalité et de la fécondité de nos cultures agricoles. L'addition des fluorures à nos engrais est donc tout indiquée et pleine de promesses [2].

Pour ce qui est de son utilisation en diététique, rappelons-nous que le fluor s'élimine chez nous surtout par les produits épidermiques à l'état de fluorure ou fluophosphates excrémenticiels, formes sur lesquelles il ne semble pas pouvoir être directement assimilé par l'animal qui l'emprunte surtout à l'aliment végétal, grâce auquel il redevient utilisable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation catalytique des chlorures forméniques à partir des alcools primaires.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe.**

L'emploi d'oxydes catalyseurs de déshydratation, thorine, alumine, etc., nous a permis antérieurement de réaliser dans divers cas l'action directe sur les alcools de divers agents chimiques, ammoniac ou amines, acide sulfhydrique, acides organiques, phénols, et d'atteindre de la sorte la syn-

---

(1) Cette tentative paraît avoir été déjà réalisée partiellement, et avec succès, par un industriel de l'Orne, M. Aucher, qui l'a appliquée utilement à diverses cultures.

(2) Séance du 15 juillet 1919.

thèse de nombreux composés, amines [1], thiols [2], éthers-sels [3], oxydes phénoliques mixtes [4].

Il était permis d'espérer que la méthode d'éthérification directe des vapeurs d'un alcool par les vapeurs d'un acide pourrait être étendue à la formation directe des éthers chlorhydriques des alcools primaires. On sait que, si la production directe des éthers chlorhydriques est aisée à partir des alcools tertiaires, il n'en est pas de même pour les alcools primaires, qu'il faut additionner d'acide sulfurique et surtout de chlorure de zinc pendant l'action du gaz chlorhydrique sur l'alcool bouillant au réfrigérant ascendant, le produit obtenu étant le chlorure primaire, mêlé de chlorure secondaire ou tertiaire isomère [5].

Sur une traînée d'alumine, maintenue à des températures qui ont été, selon le cas, de 370° à 450°, nous avons dirigé un courant de gaz chlorhydrique en même temps que les vapeurs de l'alcool.

A cause de la volatilité excessive du *chlorure de méthyle*, qui est gazeux, et du *chlorure d'éthyle*, qui bout à 12°,5, produits qui sont très difficiles à condenser par un mélange réfrigérant dans le courant rapide de gaz que fournissent l'acide chlorhydrique et l'oxyde de méthyle ou l'éthylène issus de l'alcool, nous avons laissé de côté les *alcools méthylique* et *éthylique* et étudié des alcools primaires à 3, 4, 5 et 7 atomes de carbone. L'action, positive dans tous les cas, conduit à la disparition à peu près totale de l'alcool, qui fournit, à côté d'une certaine dose de carbure éthylénique issu de sa déshydratation pure et simple, le chlorure primaire, associé à des proportions plus ou moins importantes de chlorures isomères secondaires ou tertiaires.

Alcool propylique. — L'alumine étant maintenue vers 420°, une réfrigération énergique (mélange de glace et de sel) fournit un liquide formé de deux couches superposées; la couche inférieure aqueuse, qui tient en dissolution de l'alcool et des chlorures, les restitue en majeure partie à la couche supérieure par addition de chlorure de sodium. Cette dernière est séparée, lavée à la soude, puis à l'eau, et séchée au chlorure de calcium; elle passe

---

(1) P. Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 898; t. 153, 1911, p. 160 et 1204.

(2) P. Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1217 et 1569.

(3) P. Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 358, 494 et 1044.

(4) P. Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 359.

(5) Schorlemmer, *Ber. chem. Ges.*, t, 7, 1874, p. 1792.

presque entièrement à la distillation entre 37° et 40°, et est formée principalement par le *chlorure secondaire* $CH^3.CHCl.CH^3$ (bouillant à 36°,5), avec une quantité moindre de *chlorure primaire* $CH^3.CH^2.CH^2Cl$ (qui bout à 44°). Le rendement pratique est peu élevé à cause de la grande volatilité de ces chlorures.

La formation prépondérante de chlorure secondaire est facile à expliquer par le dédoublement du chlorure primaire en propylène et gaz chlorhydrique, qui se recombinent de suite en chlorure isopropylique. Nous avions autrefois signalé de telles isomérisations des chlorures primaires en chlorures secondaires ou tertiaires, dans leur dédoublement catalytique au contact du chlorure de baryum [1].

Alcool isobutylique. — Les résultats sont plus avantageux avec l'alcool isobutylique. En opérant sur l'alumine vers 420°, on condense, dans un vase refroidi par un courant d'eau, deux couches liquides superposées. L'inférieure est de l'eau très acide. La couche supérieure décantée, lavée à la soude et à l'eau, puis séchée, distille en majeure partie vers 55° : c'est un mélange de $\frac{1}{4}$ de *chlorure isobutylique primaire* $(CH^3)^2CH.CH^2Cl$ (qui bout à 68°) et de $\frac{3}{4}$ de *chlorure tertiaire* $(CH^3)^2CCl.CH^3$ (bouillant à 52°), qui est donc le produit principal de la réaction.

Ce résultat pouvait être prévu, car on a constaté depuis longtemps que le chlorure d'isobutyle, chauffé avec du chlorure d'aluminium anhydre dans la méthode de Friedel et Crafts, s'isomérise en chlorure tertiaire qui réagit sur le carbure aromatique mis en œuvre.

Alcool isoamylique. — Les vapeurs d'alcool isoamylique, entraînées par un excès de gaz chlorhydrique sur l'alumine chauffée vers 430°, fournissent, au-dessus d'eau acide, une couche de liquide qui, après lavage et dessiccation au chlorure de calcium, est soumise au fractionnement. On sépare, à côté d'un peu d'amylène, une certaine dose de *chlorure d'isoamyle* $(CH^3)^2CH.CH^2.CH^2Cl$ (qui bout à 100°), et de *chlorure secondaire* $(CH^3)^2CH.CHCl.CH^3$ (qui bout à 91°), et une quantité prépondérante de *chlorure tertiaire* $(CH^3)^2CCl.CH^2CH^3$ (bouillant à 80°). Les proportions respectives de ces trois chlorures sont à peu près comme 1, 2 et 3.

Alcool œnanthylique. — L'alcool œnanthylique ou *heptanol* normal $CH^3(CH^2)^5CH^2OH$ (qui bout à 174°,5), dirigé sur l'alumine à 420°-440°,

---

[1] P. Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 238.

avec un excès de gaz chlorhydrique, fournit, au-dessus d'eau acide, une couche liquide qui, après lavage et séchage appropriés, est soigneusement fractionnée. On obtient :

1° De l'*heptène*, qui est sans doute un mélange des deux isomères 1 et 2, bouillant vers 99°;

2° Un mélange de *chlorure primaire* $CH^3(CH^2)^5CH^2Cl$ bouillant à 159°, et de *chlorure secondaire* bouillant vers 140°;

3° Une légère fraction passant jusqu'à 250°, constituée par de l'heptanol non transformé, et surtout par un *dihepténe*, provenant de la polymérisation de l'heptène, et facile à caractériser par sa combinaison immédiate avec le brome.

Chauffés avec la potasse alcoolique, les chlorures donnent un mélange d'*heptènes* bouillant un peu au-dessous de 100°.

La même réaction peut être réalisée sur l'alumine à température moins élevée n'excédant pas 380° : on diminue ainsi la proportion d'heptène issu de la déshydratation simple de l'alcool, proportion qui ne surpasse pas le cinquième du produit total. En outre, le mélange de chlorures obtenu a un point d'ébullition plus élevé indiquant une dose plus forte de chlorure primaire.

Mécanisme de la réaction. — Les résultats qui précèdent montrent que l'intervention catalysante de l'alumine permet de réaliser facilement la transformation des alcools primaires forméniques en éthers chlorhydriques ou chlorures forméniques isomères issus de leur transposition. Cette production est toujours accompagnée d'une libération de carbure éthylénique, par déshydratation simple de l'alcool.

On peut se demander si la réaction est due à une action du gaz chlorhydrique sur le carbure éthylénique préalablement séparé, ou si le dérivé chloré est produit immédiatement sans passer par cette étape.

Cette dernière interprétation semble la plus vraisemblable, car si l'on applique le procédé à un alcool secondaire, alcool isopropylique ou cyclohexanol, plus facile à dédoubler que les alcools primaires, la formation de carbure éthylénique est presque exclusive, et la dose de chlorure obtenue est minime.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des composés d'addition des acides halogénés à l'acide diphénylarsinique.* Note de MM. V. **Grignard** et G. **Rivat**.

A l'occasion de l'analyse de mélanges de diphénylchlorarsine et d'éthylcarbazol, nous avons reconnu qu'après hydrolyse oxydante (eau oxygénée ou eau de brome), il n'était pas possible d'évaluer l'acide diphénylarsinique par simple évaporation des eaux mères et pesée du résidu. Au cours de l'évaporation progressive des solutions aqueuses d'acide diphénylarsinique en présence d'acide chlorhydrique (ou bromhydrique), il se produit, en effet, deux composés d'addition différents, suivant la concentration de l'acide halogéné. Nous avons été ainsi conduits à faire l'étude systématique de ces corps en partant de l'acide diphénylarsinique pur, fusible à 173°, obtenu par hydrolyse à chaud, en présence d'eau oxygénée, du chlorure de diphénylarsine pur.

I. *Chlorhydrates de l'acide diphénylarsinique.* — 1° Quand on dissout, à chaud, l'acide diphénylarsinique pur dans un excès d'acide chlorhydrique (D = 1,17), étendu de 2^{vol} d'eau environ, on obtient, par refroidissement de la solution, de beaux cristaux monocliniques incolores qui fondent à 111°-111°,5 en tube fermé, sont très peu solubles dans le benzène et l'éther, assez solubles dans le chloroforme.

Par action de la chaleur ou de l'eau chaude, ils se dédoublent en acide diphénylarsinique, fusible à 173°, et acide chlorhydrique.

L'analyse a donné :

Cl pour 100 = 6,42 (par la chaux), As pour 100 = 26,34
(Corius, suivi d'une fusion oxydante, dosage sous forme de pyroarséniate de Mg).

Nous pouvons admettre, pour ce corps, la formule

$$[(C^6H^5)^2As\,O.OH]^2HCl,$$

qui exige

Cl pour 100 = 6,33, As pour 100 = 26,76,

et qui se trouve corroborée par nos autres résultats.

2° Si l'on traite l'acide diphénylarsinique comme tout à l'heure, mais sans diluer l'acide chlorhydrique de densité 1,17, la solution abandonne, par refroidissement, des cristaux différents des premiers. Ce sont des

prismes monocliniques, à base losange, fondant à 134° en tube fermé et se dédoublant encore, par la chaleur ou l'eau chaude, en acide diphénylarsinique et acide chlorhydrique. Mais l'analyse donne cette fois :

Cl pour 100 = 11,99 (par la chaux, dosage pondéral),
» = 11,80 (» , dosage volumétrique),
As pour 100 = 24,45 [arséniate ammoniaco-magnésien (1)].

La théorie pour $(C^6H^5)^2AsO.OH, HCl$ exigerait

(1) Cl pour 100 = 11,89, As pour 100 = 25,13.

Nous avons pu, en outre, doser volumétriquement, côte à côte, l'acide diphénylarsinique et l'acide chlorhydrique résultant de l'hydrolyse aqueuse des cristaux (150^{cm^3} d'eau pour $0^g,5$, au bain-marie). Nous avons reconnu, en effet, que l'acide diphénylarsinique est monoacide à la phénolphtaléine, mais sensiblement neutre à l'hélianthine. Avec ce dernier indicateur, il ne donne qu'un très léger virage qui oblige, cependant, à opérer une correction (au moyen d'un témoin) de l'ordre de 1 pour 100. Par un premier titrage avec de la soude $\frac{N}{10}$, on dose HCl en présence d'hélianthine, puis on ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine et l'on titre l'acide diphénylarsinique (2).

Nous avons trouvé ainsi :

	Trouvé.	Théorie.
Acidité totale évaluée en HCl pour 100.......	24,5	24,46
Acidité chlorhydrique en HCl pour 100.......	11,95	12,23

Nous avons enfin établi la relation qui existe entre nos deux chlorhydrates en passant de l'un à l'autre.

En chauffant pendant quelques instants, en solution chloroformique, le mélange équimoléculaire d'acide diphénylarsinique et du corps fondant à 134°, $(C^6H^5)^2AsOOH,HCl$, on obtient, par évaporation, les prismes rectangulaires fusibles à 111°-111°,5 identiques à ceux obtenus directement, c'est-à-dire $[(C^6H^5)^2AsOOH]^2HCl$.

Inversement, en dissolvant dans l'acide chlorhydrique concentré et chaud le corps fondant à 111°, on obtient par refroidissement les cristaux fusibles à 134°.

(1) Le déficit en As dans cette analyse s'explique par la difficulté du dosage sous forme d'arséniate ammoniaco-magnésien. Il faut dessécher, comme l'indique Pisani, à 102°-103°; mais dès 105°-110°, suivant la remarque de Treadwell, ce sel à $0,5H^2O$ se déshydrate presque complètement. Aussi nos autres dosages ont-ils été faits à l'état de pyroarséniate de magnésium.

(2) Il est bon de faire bouillir la solution, vers la fin, pour éviter l'action de CO^2.

II. *Bromhydrates de l'acide diphénylarsinique.* — Les bromhydrates ont été obtenus dans des conditions analogues :

1° En dissolvant, à chaud, l'acide diphénylarsinique pur dans l'acide bromhydrique à 40° B. ($d = 1,38$), étendu de 1^{vol} à 3^{vol} d'eau, on obtient, par refroidissement, de beaux cristaux incolores appartenant au système monoclinique, fusibles à 119°,5-120°, en tube fermé, très peu solubles dans l'éther et solubles dans le chloroforme. Leur hydrolyse aqueuse les dédouble en acide diphénylarsinique et acide bromhydrique que l'on peut doser simultanément, comme dans le cas précédent.

Analyse.

	Trouvé.	Théorie pour $[(C^6H^5)^2AsOOH]^2HBr$.
Br pour 100	13,0	13,22
As »	24,50	24,79
Acidité bromhydrique	13,20	13,39
Acidité totale (en HCl)	18,15	18,09

2° En ne diluant pas l'acide bromhydrique, on voit apparaître dans la solution refroidie de beaux cristaux incolores du système monoclinique, fusibles, en tube fermé, à 126°-126°,5, avec légère décomposition. Ils sont moins solubles dans le chloroforme que les précédents, et se dédoublent de même par hydrolyse aqueuse.

Analyse.

	Trouvé.	Théorie pour $(C^6H^5)^2AsOOH, HBr$.
Br pour 100	23,24	23,32
As »	21,65	21,86
Acidité bromhydrique	23,8	23,61
Acidité totale (en HCl)	21,10	21,28

En résumé, nous avons isolé deux types de dérivés halohydriques de l'acide diphénylarsénique :

1° $[(C^6H^5)^2AsOOH]^2HCl$; $[(C^6H^5)^2AsOOH]^2HBr$;

2° $(C^6H^5)^2AsOOH, HCl$; $(C^6H^5)^2AsOOH, HBr$.

A notre connaissance, le premier type n'avait pas encore été signalé. Quant au second, il a déjà été observé par Michaelis sur les acides dibenzylarsiniques. Il est vraisemblable que notre observation pourra être étendue à d'autres acides diarylarsiniques.

La stabilité de ces composés diminue quand le poids atomique de l'halo-

gène augmente. En effet, les bromhydrates sont moins stables que les chlorhydrates correspondants et s'altèrent assez facilement sous l'influence de l'air, de la lumière et de la chaleur. Nous avons reconnu de plus que l'acide iodhydrique donne des combinaisons analogues, mais beaucoup plus altérables, que nous avons renoncé, pour l'instant, à purifier [1].

Note additionnelle. — M. le professeur Ch. Mauguin a eu l'amabilité d'étudier les cristaux précédents. Voici les résultats qu'il nous a communiqués :

$(C^6H^5)^2AsOOH, HCl$.

Monoclinique :
$a : b : c = 0,8063 : 1 : ?$
$\beta = 109°25'$.

Formes obs. : $p(001)$, $m(110)$, $g^3(120)$.

	Obs.	Calc.
Angles $(110, 1\bar{1}0)$......	74°30′	»
$(110, 120)$......	19.30	19°25′
$(001, 120)$......	79.30	»

Clivage net suivant (001).

$(C^6H^5)^2AsOOH, HBr$.

Monoclinique :
$a : b : c = 0,790 : 1 : ?$
$\beta = 108°26'$.

$p(001)$, $m(110)$, $g^3(120)$.

	Obs.	Calc.
$(110, 1\bar{1}0)$......	73°43′	»
$(110, 120)$......	19.27	19°27′
$(001, 110)$......	75.21	»

Clivage net suivant (001).

$[(C^6H^5)^2AsOOH]^2HCl$.

Monoclinique :
$a : b : c = 0,6346 : 1 : 0,801$.
$\beta = 94°30'$.

Formes obs. : $m(110)$, $a^1(\bar{1}01)$, $e^1(011)$.

	Obs.
Angles $(110, 1\bar{1}0)$......	64°18′
$(110, 011)$......	67.25
$(\bar{1}10, \bar{1}01)$......	49.30

$[(C^6H^5)^2AsOOH]^2HBr$.

Monoclinique :
$a : b : c = 0,6333 : 1 : 0,779$.
$\beta = 93°, 56'$.

$m(110)$, $a^1(\bar{1}01)$, $e^1(011)$.

	Obs.	Calc
$(110, 1\bar{1}0)$......	64°34′	»
$(110, 011)$......	68.8	»
$(011, 0\bar{1}1)$......	75.43	»
$(011, \bar{1}10)$......	73.38	73°37′
$(011, \bar{1}01)$......	62	61°50′

S. A. S. le **Prince de Monaco** présente le premier Volume des *Travaux d'océanographie et de biologie marine de l'Institut océanographique de Madrid*.

Ce Volume est le commencement d'une publication périodique avec cartes, planches et gravures dans le texte, qui comprendra les travaux

---

(1) M. Glaser nous a prêté son concours pour une partie de ce travail.

exécutés en Espagne sous la direction de l'Institut espagnol d'Océanographie, avec la collaboration de savants nationaux et étrangers.

Il représente un grand effort pour apporter une contribution sérieuse à l'étude de la mer en surmontant les nombreuses difficultés d'un début. Il est formé avec le résultat des campagnes accomplies dans la Méditerranée jusqu'en 1916 avec la petite canonnière de l'État « Balboa » sous la direction de M. Odon de Buén, professeur à la Faculté des Sciences de Madrid. Il renferme plusieurs Mémoires du directeur, du professeur Rafaël de Buén qui a fait ses études océanographiques au Musée de Monaco et avec le professeur Thoulet au laboratoire de Nancy, enfin du professeur Ferrer Hernandez (Jaime). Ce sont des graphiques de la profondeur, de la température, de la salinité, etc. obtenus le long de toute la côte espagnole méditerranéenne et du détroit de Gibraltar, avec les instruments et les procédés et selon le plan adoptés dans les accords internationaux établis à Rome en 1914.

Ce sont aussi des travaux cartographiques intéressant la description des fonds dans les mêmes parages, et un compte rendu des travaux obtenus par l'Institut océanographique, avec tous les éléments susdits.

Le premier Volume présente un intérêt spécial pour la France en montrant que la création des laboratoires espagnols est due à l'influence du professeur Lacaze Duthiers, directeur du laboratoire de Banyuls, et à l'appui que Odon de Buén trouva dans ce milieu. Il reconnaît aussi que l'orientation de l'Océanographie en Espagne est inspirée par les enseignements venus des laboratoires de Monaco : par l'appui du Prince Albert de Monaco à qui l'Espagne doit réellement l'impulsion donnée aux savants entraînés dans l'étude des mers qui baignent la péninsule Ibérique.

L'Institut espagnol d'Océanographie a maintenu pendant la guerre des campagnes sur les côtes de la Galice dont les résultats formeront le contenu du second Volume actuellement sous presse : il a, de plus, installé un laboratoire central à Madrid et se dispose à contribuer activement aux investigations qui intéressent les Commissions internationales de la Méditerranée et de l'Atlantique.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux de ses Membres qui feront partie du *Conseil de perfectionnement de l'École Poly-*

technique, en remplacement de MM. *C. Jordan* et *H. Le Chatelier*, membres sortants et rééligibles.

MM. C. **Jordan** et H. **Le Chatelier** réunissent l'unanimité des suffrages.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. le Professeur **Ignace Halpern** envoie un Mémoire sur la *Classification des Sciences de d'Alembert*.

Renvoyé à la Section de Géométrie.

CORRESPONDANCE.

M. **Emanuele Paterno**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remercîments à l'Académie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la classification des substitutions de certains groupes automorphes à n variables, et sur les relations algébriques qui existent entre n + 1 fonctions quelconques correspondant à certains de ces groupes.* Note de M. **Georges Giraud**.

1. Il existe des groupes automorphes à n variables isomorphes aux groupes des substitutions semblables réelles de formes quadratiques telles que

$$x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_n^2 - x_{n+1}^2 - x_{n+2}^2, \tag{1}$$

avec deux carrés négatifs; il en existe d'autres qui sont isomorphes aux groupes des substitutions semblables d'hermitiens tels que

$$|x_1|^2 + |x_2|^2 + \ldots + |x_n|^2 - |x_{n+1}|^2, \tag{2}$$

avec une norme négative (¹) (les deux catégories ont été introduites

(¹) Ils sont tous étudiés dans un Ouvrage qui paraîtra prochainement.

pour $n=2$ par M. Picard; pour $n>2$, la deuxième est due à M. Fubini).

Si l'on veut étudier d'une manière approfondie ces groupes, il est au moins utile de classer leurs substitutions, de les réduire à certaines formes canoniques. Or des propositions, trop longues à énoncer ici, permettent de trouver sans tâtonnement ces formes canoniques pour les substitutions semblables d'une forme quadratique ou hermitienne *quelconque*, de discriminant non nul; on trouve, par exemple, que si la forme a p carrés négatifs et un nombre quelconque de carrés positifs, la substitution ne peut avoir plus de p couples de multiplicateurs de valeur absolue autre que *un*. Dans les cas qui nous intéressent ici, on fera la classification d'après le nombre et la nature de ces couples, et d'après le nombre et la nature des diviseurs élémentaires Δ_p d'ordre $p>1$ et de multiplicateur égal à *un* en valeur absolue [$p=$ nombre des variables du diviseur élémentaire dans la forme réduite $X=sx$, $Y=s(x+y)$, $Z=s(y+z)$, ...]. On trouve, pour la forme (1) :

Ou bien 2 couples de multiplicateurs, de valeur absolue différente de *un*, et qui peuvent être : I, réels, donnant lieu à 4 diviseurs élémentaires; II, imaginaires; III, deux à deux confondus, formant 2 diviseurs élémentaires;

Ou bien 1 couple de tels multiplicateurs et, en outre : IV, un Δ_3; V, aucune particularité supplémentaire;

Ou bien il n'y a pas de multiplicateurs différents de *un* en valeur absolue, mais : VI, un Δ_5; VII, deux Δ_3 réels; VIII, deux Δ_3 imaginaires; IX, un Δ_3 entraînant un carré négatif; X, un Δ_3 entraînant deux carrés négatifs; XI, deux Δ_2 (réalité indifférente); XII, aucune particularité.

Donc, 12 cas pour $n \geqq 4$, 10 pour $n=3$, 8 pour $n=2$, 3 pour $n=1$. A chaque cas correspond, pour la substitution ou pour son inverse, une seule forme canonique. On peut faire des subdivisions en tenant compte de la parité du nombre des multiplicateurs ± 1, et même des égalités qui peuvent avoir lieu entre multiplicateurs correspondant à des diviseurs élémentaires différents et qui influent sur la nature des points doubles : c'est ainsi que, dans ma Thèse de Doctorat, j'ai trouvé 22 cas pour $n=3$.

Pour la forme (2), on trouve seulement :

I, 1 couple de multiplicateurs $re^{i\theta}$, $e^{i\theta}:r$, avec $r \neq 1$; II, un Δ_3; III, un Δ_2; IV, pas de particularité.

Donc, 4 cas pour $n \geqq 2$, 3 pour $n=1$. On peut dire que la substitution est : I, hyperbolique; II, parabolique du deuxième ordre; III, parabolique

du premier ordre; IV, elliptique. Même remarque que plus haut pour les égalités supplémentaires entre les multiplicateurs.

2. Parmi les groupes correspondant à (2), considérons ceux dont le polyèdre fondamental rayonné ([1]) n'a qu'un nombre fini de faces, et dont une fonction automorphe ne peut pas se prolonger analytiquement hors du *domaine principal, où* (2) *est négatif : alors* $n+1$ *fonctions automorphes quelconques sont liées par une relation algébrique.* La démonstration est, dans certaines parties, beaucoup plus pénible que celle du même fait pour $n=2$, que j'ai énoncé précédemment ([2]).

La marche générale est la même. On démontre successivement que le polyèdre fondamental (quelconque) n'a pas de face sur

$$|x_1|^2+|x_2|^2+\ldots+|x_n|^2-|x_{n+1}|^2=0,$$

et que le polyèdre fondamental (rayonné) n'a que des sommets isolés sur cette multiplicité. Si A est un tel sommet, toute la difficulté se réduit à trouver le sous-groupe G des substitutions du groupe donné qui conservent A. On prouve que G n'a pas de substitution hyperbolique. Si l'on remplace (2) par

$$xz_0+x_0z+\sum_{m=1}^{n-1}|y_m|^2,$$

A étant le point $x=1, y_1=y_2=\ldots=y_{n-1}=z=0$, toute substitution de G est du type

$$X=x+\sum_{m=1}^{n-1}Y_m\,y_m+\alpha z,$$
$$Y_l=\sum_{m=1}^{n-1}a_{l,m}y_m+\beta_m z,$$
$$Z=z.$$

On trouve que l'expression générale des substitutions de G est :

$$E_k P^p P_1^{p_1} P_2^{p_2}\ldots P_{2n-2}^{p_{2n-2}}\qquad (k=1, 2, \ldots, r),$$

$E_1=1, E_2, \ldots, E_r$ étant des substitutions dont les multiplicateurs, sauf

([1]) J'ai plusieurs fois déjà employé cette méthode du rayonnement, sur laquelle on trouvera des renseignements généraux dans l'Ouvrage indiqué ci-dessus.

([2]) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 386.

ceux de la première, ne sont pas tous égaux à 1; P est une substitution parabolique du premier ordre à multiplicateurs tous égaux à 1,

$$P = (x, y_m, z; x + \alpha z, y_m, z) \quad (\alpha \text{ purement imaginaire});$$

$P_1, P_2, \ldots, P_{2n-2}$ sont des substitutions paraboliques du deuxième ordre à multiplicateurs tous égaux à 1 (et satisfaisant à d'autres conditions).

De là se conclut sans peine le théorème énoncé, les fonctions automorphes se comportant en A comme des fonctions rationnelles de $e^{\frac{2i\pi x}{\alpha z}}$ et des $\frac{y_m}{z}$.

On peut également, comme pour $n = 2$, former un système d'équations aux dérivées partielles du second ordre s'intégrant par les fonctions du groupe.

PHYSIQUE. — *Sur les spectres de rayons X des éléments.* Note [1] de M. M. de Broglie, présentée par M. E. Bouty.

A. *Spectre* K *du rhodium.* — La théorie développée par Sommerfeld [2] rattache les différences de fréquence de certaines raies des spectres de rayons X (en particulier la différence des fréquences des deux raies du doublet α de la série K) à un intervalle fondamental de fréquence, mis en évidence dans les spectres de l'hydrogène et de l'hélium pour les longueurs d'onde lumineuses; cet intervalle fondamental a pour valeur, d'après les mesures de Paschen [3],

$$\Delta\nu_{\text{H}} = 0,3645 \quad (\text{à} \pm 0,0045 \text{ près}).$$

Ayant obtenu un bon spectre K du rhodium avec des raies fines et nettes, j'ai pu en mesurer les différences de fréquence avec précision en pointant au microscope les bords des raies du côté des grandes longueurs d'onde, toujours plus nets à cause de la pénétration des rayons dans le cristal analyseur.

On obtient ainsi les résultats suivants (en admettant, pour la longueur d'onde de $K\alpha_2$, $\lambda = 0,616.10^{-8}$ cm) :

---

(1) Séance du 15 juillet 1919.
(2) *Annalen der Physik*, 1916.
(3) *Ibid.*

Raies.	Différence de fréquence avec α_2.
α_2	0
α_1	$1,16.10^6$ à $\pm 0,02$
β_1	$21,61.10^6$
β_2	$25,65.10^6$

La première différence $1,16.10^6$ permet de calculer $\Delta\nu_H$ par la formule

$$\Delta\nu_H = \frac{1,16.10^6}{(N-3,5)^4(1+\varepsilon)}$$

dans laquelle N (rang du rhodium) vaut 45 et $\varepsilon = 0,057$. On trouve ainsi

$$\Delta\nu_H = 0,369$$

en bon accord avec la valeur optique de Paschen.

Les autres différences de fréquence peuvent être également comparées aux raies L du rhodium par les formules d'additivité

$$K\beta_1 - K\alpha_1 = L\alpha, \quad K_{\beta_2} - K_{\alpha_1} = L_{\beta_2} \quad \text{(notation de Siegbahn)};$$

l'accord est assez bon pour la seconde relation, mais médiocre pour la première.

B. *Spectre d'absorption* L *du radium*. — J'ai complété l'étude du spectre d'absorption du radium ([1]) en faisant passer le faisceau incident à travers un tube de celluloïd à paroi mince de 2^{mm} de diamètre, contenant une solution de chlorure de radium (25^{mg} par centimètre cube) assez pure pour que la bande du baryum ne soit pas gênante. Grâce à l'absence du baryum et à la très faible absorption du celluloïd, on voit nettement les deux premières bandes L du radium et l'on peut mesurer les longueurs d'onde suivantes :

Bande L_1	$\lambda = 0,802.10^{-8}$ cm
Bande L_2	$\lambda = 0,670.10^{-8}$ cm

Une bande faible tombe à $\lambda = 0,707.10^{-8}$ cm et n'a pu recevoir d'attribution certaine, la raie double Kα du molybdène, présente à l'état d'impureté dans le spectre du tube Coolidge employé, rend son observation assez douteuse.

La valeur $\lambda = 0,659.10^{-8}$ précédemment donnée (*loc. cit.*) pour L_2 doit être corrigée suivant le chiffre donné plus haut; cette première mesure, exécutée sur une solution de radium contenant une quantité notable de

([1]) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 854.

baryum et renfermée dans un tube de verre mince, avait été faite dans de mauvaises conditions à cause de la présence du second ordre de la bande d'absorption K du baryum qui tombe précisément au voisinage de la bande L_2 du radium.

Les deux bandes L_1 et L_2 du radium se placent à l'endroit qui convient au nombre atomique 88 attribué à l'élément radium, ce corps ne paraît donc pas, au moins jusqu'ici, présenter d'anomalie due à son caractère fortement radioactif.

PHYSIQUE. — *Radiotélégraphie par rayonnement infra-rouge.* Note de MM. **J. Hebert-Stevens** et **A. Larigaldie**, présentée par M. Branly.

Antérieurement à la découverte de la télégraphie par ondes électriques, les ondes lumineuses étaient déjà considérées comme agent de transmission en télégraphie et en téléphonie sans fil. (Travaux de MM. Bell et Tainter, Mercadier, Ruhmer.)

Les appareils expérimentés se composaient : au poste transmetteur, d'un arc électrique placé dans un projecteur; au poste récepteur, d'un miroir captant le faisceau émis et portant à son foyer un détecteur d'ondes lumineuses; les essais étaient effectués avec la totalité du spectre.

La possibilité d'enregistrer des radiations obscures, toute lumière visible étant masquée, prit un intérêt spécial en temps de guerre, puisqu'elle permettait d'entrevoir un mode de télégraphie secret. Appliqués dans ces conditions, les systèmes précédemment essayés ne donnèrent qu'une portée tout à fait insuffisante.

En perfectionnant l'appareil détecteur, nous avons obtenu des enregistrements de radiations infra-rouges à des distances pouvant atteindre plus de 20 kilomètres. C'est un couple thermo-électrique qui, par sa constance et sa sensibilité, nous a donné les meilleurs résultats.

Dans la pratique de nos essais, la source d'émission consistait en un projecteur à arc ou à lampe électrique, dont le flux lumineux visible était absorbé par un écran filtre : verre noir à l'oxyde de manganèse, gélatine ou cellophane colorée. Ces écrans absorbent 50 pour 100 de l'énergie totale (mesures effectuées à la pile thermo-électrique), mais ne laissent passer aucun rayon pouvant impressionner notre œil.

Le récepteur est un miroir parabolique destiné à capter le maximum d'énergie rayonnante; la pile thermo-électrique se place à son foyer. Cette pile, destinée à

servir de récepteur en télégraphie Morse, a été construite de telle façon que son inertie fût presque nulle.

Une plaque métallique de $\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur est soudée par fusion autogène à la pointe d'un cristal de grand pouvoir thermo-électrique.

L'épaisseur de la plaque et le diamètre du point de contact ont été aussi réduits que possible pour former un ensemble d'une très faible capacité calorifique. Les meilleurs résultats nous ont été donnés par une plaque de platine et un cristal de tellure trempé et soudé dans le sens de la cristallisation. La soudure est enfermée dans une ampoule de verre avec fenêtre en fluorine [1].

Le couple thermo-électrique est monté aux bornes d'un amplificateur à lampes, le courant étant coupé par un tikker à fréquence musicale. Un potentiomètre est intercalé dans le circuit pour annuler tout courant parasite dû à des conditions ambiantes qui occasionneraient une différence de température constante entre les deux soudures.

La diminution de l'énergie rayonnante captée au récepteur est, en principe, proportionnelle à la distance franchie depuis le transmetteur, mais il faut tenir compte du pouvoir absorbant de l'atmosphère, qui devient tantôt faible, tantôt considérable suivant les proportions de vapeur d'eau, brume, poussières, acide carbonique.

Lorsque notre pile thermo-électrique n'est plus employée en télégraphie, mais en pyrométrie, en télémécanique ou pour déceler la présence de corps dont la température diffère de celle de l'ambiance (en mer navires à vapeur ou icebergs), son courant est envoyé dans un galvanomètre assez sensible pour donner une déviation de 3^{mm} à 4^{mm} par microampère (cadre de 2 à 3 ohms).

Pour les navires, nous avons construit un galvanomètre spécial à deux pivots, de même sensibilité que le précédent, pouvant fonctionner dans toutes les positions et n'étant pas influencé par les mouvements de roulis ou de tangage.

Résultats de quelques expériences. — *Septembre* 1918. — Signalisation entre deux postes distants de 14^{km}. Le poste transmetteur était muni d'un projecteur à arc de 1,50. M. le professeur Fabry assistait à l'expérience.

Mai 1919. — Signalisation entre deux postes distants de 7500^{m}; au poste transmetteur, il y avait un miroir de 40^{cm} et une lampe électrique à azote de 800 watts; au poste récepteur on employait un miroir doré de 25^{cm}.

---

(1) On aura une idée de la très grande sensibilité de cette pile thermo-électrique par l'expérience suivante :

Notre pile thermoélectrique étant disposée au foyer d'un miroir concave de 25^{cm}, à l'une des extrémités d'un couloir qui était à notre disposition, si l'un de nous se rendait à l'autre extrémité, distante de 55^{m}, le rayonnement de sa tête, émis sur l'axe principal du miroir, puis réfléchi et concentré sur la pile, faisait dévier l'aiguille d'un galvanomètre qui produisait le déclenchement d'un relais avertisseur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse de l'éther hexaphosphorique de l'inosite et son identité avec le principe phospho-organique de réserve des plantes vertes.* Note de M. S. **Posternak**, présentée par M. L. Maquenne.

La préparation de l'éther hexaphosphorique de l'inosite fut tentée en vain par Neuberg et Kretschmer ([1]), ainsi que par Anderson ([2]).

Contardi ([3]) annonça l'avoir obtenu et le considéra comme identique au principe phospho-organique des graines, mais Carré ([4]) a fait voir que ce prétendu éther est constitué surtout par de l'acide phosphorique; j'ai moi-même vérifié ce fait avec un produit obtenu, d'après Contardi, à 160°-170°. Du reste, les analyses de cet auteur sont, tantôt concordantes avec la formule de l'éther cherché, tantôt manifestement erronées, comme par exemple dans le cas d'un sel de chaux et de magnésie qui lui donne 66,71 pour 100 de cendres, alors qu'il aurait dû en fournir 83.

Ces échecs tiennent à ce que, pour combiner l'inosite avec l'acide phosphorique, il fallait élever la température jusqu'à un degré incompatible avec l'existence de l'éther hexaphosphorique, très sensible à chaud à l'action des acides, et aussi à ce qu'il se forme en même temps des produits inférieurs, moins riches en phosphore et difficiles à séparer les uns des autres.

Après de longs essais infructueux, j'ai fini par préparer artificiellement l'éther hexaphosphorique de l'inosite en employant comme déshydratant l'anhydride phosphorique et en faisant usage de la méthode de séparation qui m'a permis de l'isoler des extraits naturels de graines.

Dans un flacon bouchant à l'émeri on chauffe, jusqu'à dissolution complète, 6g d'inosite anhydre avec 28g d'acide phosphorique, déshydraté dans le vide à 100°-110°. On ajoute alors à la solution encore chaude 45g d'anhydride phosphorique, par fractions d'environ 10g et à quelques minutes d'intervalle, en ayant soin de le délayer dans la masse avec une spatule et de bien boucher le flacon. La température s'élève et l'on achève la réaction en maintenant le mélange à 120°-130° pendant 3 heures. Le produit, qui est devenu légèrement brunâtre et a pris une consistance mielleuse, est alors versé, encore chaud, dans une capsule renfermant 750$^{cm^3}$ de solution de soude caustique à 15 pour 100 bien refroidie; on concentre sur le bain-marie jusqu'au volume de 500$^{cm^3}$ et on laisse refroidir. Les cristaux d'ortho et de pyrophosphate de soude qui se déposent sont essorés à la trompe et recristallisés dans l'eau pour leur enlever les éthers phos-

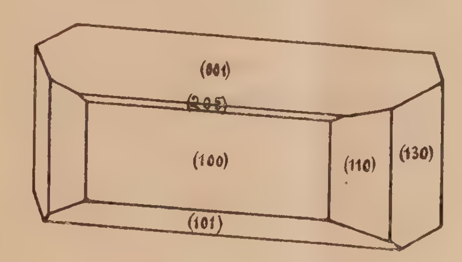
---

([1]) *Bioch. Zeitsch.*, t. 36, 1911, p. 5.
([2]) *Journ. of Biol. Chemistry*, t. 11, 1912, p. 484.
([3]) *Atti della reale Accad. dei Lincei*, t. 19, 1910, p. 23, et t. 18, 1909, p. 64.
([4]) *Bull. Soc. chim. de France*, 4e série, t. 9, 1911, p. 195.

phoriques qui les imprègnent; les eaux-mères, concentrées à deux reprises différentes, sont traitées de la même manière. Finalement la solution sirupeuse, mélange d'éthers polyphosphoriques d'inosite, à l'état de sels de soude, de soude en partie carbonatée, avec encore un peu de pyrophosphate, est étendue avec 1^l d'eau, acidulée par l'acide acétique et précipitée par l'acétate de chaux. Il ne reste plus qu'à transformer ces sels en sel de chaux et de soude cristallisé, suivant le mode opératoire que j'ai fait connaître dans une précédente communication (¹).

Les choses se passent de la même manière, sauf qu'au moment de la saturation des éthers par la soude 10 fois normale, il reste un peu d'insoluble et qu'il se dépose d'abord, après filtration, une certaine quantité de globoïdes qu'on sépare par décantation au bout de 24 heures. La cristallisation du sel double n'a lieu que plus tardivement et dure de 3 à 4 jours; après essorage, lavage à l'eau et dessiccation sur l'acide sulfurique, on en obtient, pour les proportions précédentes, de 1^g à $1^g,6$, ce qui correspond à un rendement de 3 à 5 pour 100. J'ai pu ainsi en rassembler une dizaine de grammes à l'état pur.

Le produit préparé de cette manière ne se distingue en rien de celui qu'on obtient en partant de la phytine naturelle. Séché dans l'étuve à 120°, il répond à la même formule $C^6H^{12}O^{27}P^6Ca^2Na^8$ et se laisse également transformer, par l'intermédiaire de son dérivé ferrique, en sel de soude



saturé $C^6H^{12}O^{27}P^6Na^{12}$. Comme pour les produits naturels il est impossible de déshydrater tous ces corps sans les décomposer.

Les cristaux du sel double étant mesurables, M. R. Sabot a bien voulu les soumettre à un examen cristallographique.

L'inosito-hexaphosphate saturé de soude cristallise dans le système monoclinique, avec allongement de préférence suivant l'arête ph^1 et aplatissement selon *p*.

Les mesures ont conduit aux résultats suivants :

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1216.

Faces.	Produit synthétique. ρ.	φ.	Produit naturel. ρ.	φ.	Moyennes. ρ.	φ.
	°	°	°	°	°	°
(100)......	90	0	90	0	90	0
(110)......	90	329.29	90	329.25	90	329.27
(130)......	90	300	90	299.42	90	299.51
$(\bar{1}30)$......	90	240.54	90	240.51	90	240.53
$(\bar{1}10)$......	90	211.19	90	211.8	90	211.14
$(\bar{1}00)$......	90	180.10	90	179.48	90	180
$(\bar{1}\bar{1}0)$......	90	149.32	90	149.32	90	149.32
$(\bar{1}\bar{3}0)$......	90	120.1	90	119.45	90	119.53
$(1\bar{3}0)$......	90	60.58	90	61.3	90	61
$(1\bar{1}0)$......	90	31.22	90	31.20	90	31.21
(001)......	18.17	0	18.9	0	18.13	0
$(\bar{1}01)$......	35.19	180	35.21	180	35.20	180
(205)......	36.49	0	»	»	36.49	0

D'après les moyennes, les éléments de la forme primitive sont :

$$ZX = 108^\circ 13' ; \quad a : b : c = 0,630066 : 1 : 0,639015.$$

Le plan des axes optiques est perpendiculaire à g' et la bissectrice Np est approximativement perpendiculaire à p.

Il y a évidemment identité entre les deux produits ; nous pouvons donc conclure que le principe phospho-organique de réserve des plantes vertes possède bien la constitution de l'éther hexaphosphorique de l'inosite, malgré les 3^{mol} d'eau qu'il renferme en excès et qu'il retient obstinément. On pensera toujours à cette particularité lorsqu'il s'agira d'identifier ce principe et de le distinguer de ses produits de dégradation qui se rencontrent aussi dans certaines productions végétales.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la chlorhydrine sulfurique sur le sulfate acide de méthyle.* Note de MM. R. LEVAILLANT et L.-J. SIMON, transmise par M. Ch. Moureu.

I. Le sulfate acide et le sulfate neutre de méthyle peuvent s'obtenir au moyen de la chlorhydrine sulfurique et de l'alcool méthylique (Claesson, Ullmann). Versé lentement dans la chlorhydrine refroidie au-dessous de -5° l'alcool méthylique agit comme il le fait sur un chlorure acide :

l'acide chlorhydrique se dégage et le sulfate acide de méthyle reste

$$(1)\qquad SO^2\langle^{Cl}_{OH} + CH^3OH = HCl + SO^2\langle^{OCH^3}_{OH}.$$

D'autre part, lorsqu'on essaie de distiller dans le vide ce sulfate acide, il se décompose au-dessous de 130°-140° en sulfate diméthylique qui distille et acide sulfurique résiduel

$$(2)\qquad 2SO^2\langle^{OCH^3}_{OH} = SO^4(CH^3)^2 + SO^4H^2.$$

Le rendement en sulfate diméthylique fourni par la succession des réactions (1) et (2) est supérieur à 80 pour 100 comme nous l'avons vérifié.

II. Le sulfate acide de méthyle résultant de la réaction (1) peut à son tour subir l'action de la chlorhydrine sulfurique : il est transformé en chlorosulfonate de méthyle, éther méthylique de la chlorhydrine envisagée comme acide chlorosulfonique. On a intérêt à opérer vers 90°-100°

$$(3)\qquad SO^2\langle^{Cl}_{OH} + SO^2\langle^{OCH^3}_{OH} = SO^2\langle^{Cl}_{OCH^3} + SO^4H^2.$$

Si, quantitativement, la réaction pouvait être ainsi formulée, le phénomène global serait à son tour représenté par la formule suivante résultant de l'association des formules (1) et (3) :

$$2SO^2\langle^{Cl}_{OH} + CH^3OH = SO^2\langle^{Cl}_{OCH^3} + SO^4H^2 + HCl.$$

On n'aurait ainsi qu'une représentation inexacte et beaucoup trop simpliste. Pour permettre d'apprécier sa complexité, décrivons succinctement le mode opératoire.

Après avoir chauffé au bain-marie entre 90° et 100° pendant quelques heures le mélange de chlorhydrine et de sulfate acide de méthyle, on procède à la distillation sous pression réduite : le chlorosulfonate de méthyle commence à passer vers 40° sous la pression de 16mm; on le recueille vers 50°-55° accompagné d'un peu de chlorhydrine sulfurique (portion A). On continue la distillation en élevant peu à peu la température du bain de chauffe jusqu'à 190°-200°; la chlorhydrine distille d'abord accompagnée d'un peu de chlorosulfonate de méthyle, puis du sulfate diméthylique dont une grande partie provient de la réaction (2) (portion B). Finalement il reste de l'acide sulfurique retenant opiniâtrément une petite quantité de sulfate acide de méthyle.

La réaction (3) n'est donc pas complète : ni la chlorhydrine sulfurique,

ni le sulfate acide de méthyle ne disparaissent complètement par leur mutuel antagonisme. On retrouve à la distillation une partie de la chlorhydrine dans les portions A et B; le sulfate acide de méthyle, qui n'a pas réagi, subit à 140° l'autodécomposition représentée par la formule (2) et se retrouve sous forme de sulfate diméthylique.

La réaction (3) est donc limitée et, bien que nous n'ayons pas étudié la réaction inverse, toutes les présomptions sont pour la considérer comme une réaction d'équilibre.

En faisant varier les proportions des deux substances réagissantes on fait varier la proportion de chlorosulfonate recueilli : avec 2^{mol} de sulfate acide de méthyle et 1^{mol} de chlorhydrine on recueille $0^{mol},5$ de chlorosulfonate; en employant vis-à-vis d'une molécule de sulfate acide des quantités croissantes (1^{mol}, $1^{mol},5$, 2^{mol} de chlorhydrine), le chlorosulfonate croît de $0^{mol},4$ à $0^{mol},6$.

III. Cet équilibre n'est pas le seul à intervenir; un autre vient accroître la complexité du phénomène :

$$SO^2\begin{matrix}\diagup Cl \\ \diagdown O\,CH^3\end{matrix} + SO^2\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown O\,CH^3\end{matrix} \rightleftarrows SO^2\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown Cl\end{matrix} + SO^2\begin{matrix}\diagup O\,CH^3 \\ \diagdown O\,CH^3\end{matrix}.$$

La réaction prépondérante est celle qui se lit de droite à gauche. Une partie du chlorosulfonate engendré dans la réaction (3) réagit sur le sulfate acide de méthyle pour régénérer de la chlorhydrine sulfurique et engendrer une certaine quantité de sulfate diméthylique. Le sulfate diméthylique qui se trouve dans la portion B a donc une double origine : pour une faible part, cette réaction, qui s'effectue à 90°-100°, et, pour une plus importante, l'autodécomposition du sulfate acide de méthyle, qui n'a une vitesse notable qu'à 130°-140°.

Par le jeu de ces diverses réactions, on a donc finalement un mélange de cinq substances : acide sulfurique, ses éthers méthyliques, la chlorhydrine sulfurique et le chlorosulfonate de méthyle. *Le rendement en chlorosulfonate de méthyle est environ moitié du rendement théorique.*

Le chlorosulfonate ainsi obtenu n'est pas pur : il peut renfermer environ 10 pour 100 d'impuretés constituées surtout par la chlorhydrine sulfurique. On le purifie soit en versant le liquide sur du sel marin fondu et pulvérisé et distillant ensuite sous pression réduite, soit en agitant le liquide avec un mélange d'eau et de glace, décantant, séchant et distillant.

Le chlorosulfonate de méthyle pur est un liquide incolore qui a pour

densité, à 0° 1,514, et à 15° 1,492; la variation de densité est de 0,0015 par degré. Il est très violemment lacrymogène. Il bout à 42° sous la pression de 16^{mm}, et à 134°-135° sous la pression de 760^{mm}; quand il est pur, il bout sous décomposition à la pression ordinaire, en quoi il se distingue de son homologue le chlorosulfonate d'éthyle (Wilcox). On peut le congeler à l'aide d'un mélange de neige carbonique et d'acétone; il fond vers −70°. Son indice de réfraction $n_D = 1,414$ à 17°.

Il est miscible à un grand nombre de liquides organiques : tétrachlorure de carbone, chloroforme, benzène, éther de pétrole. Il est également miscible aux autres dérivés chlorés ou méthylés de l'acide sulfurique, mais pas à l'acide sulfurique lui-même.

GÉOLOGIE. — *Sur les écailles ou nappes de charriage de la région d'Alais (Gard).* Note de M. **Paul Thiéry**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Communication récente (1), j'ai apporté quelques arguments en faveur de l'idée, déjà ancienne, que la série sédimentaire du pays d'Alais (Gard) a été l'objet de déplacements horizontaux, autrement dit de charriages. Voici encore des observations à l'appui de cette même idée, observations à rapprocher de celles de MM. Pierre Termier et Georges Friedel (2).

Le pays alaisien autochtone, ou presque autochtone, est constitué par : Micaschistes, Houiller, Trias, Hettangien, Sinémurien, Charmouthien et Toarcien. La première écaille, ou, si l'on veut, la première nappe que l'on voit posée sur lui, comprend toute la série jurassique depuis le Charmouthien. *Cet étage et le Toarcien ont, dans l'écaille, un faciès différent de celui que présentent les mêmes terrains dans le pays autochtone.* On voit la nappe, presque complète, au sud-ouest d'Alais, près du hameau de Valz. Je dis presque complète, car, comme toujours, elle comporte des lacunes et des réductions d'épaisseur d'étages : le Bathonien n'est visible qu'en quelques points, au nord de Saint-Ambroix; il renferme parfois des grains de quartz (Saint-Brès) et des fragments de micaschistes (Saint-Brès, la Voulte); ces éléments étrangers ont été arrachés par la nappe aux terrains sur lesquels elle est passée. L'Oxfordien (marnes à ammonites pyriteuses) ne se voit qu'aux environs des Vans; il a été, le plus souvent, laminé, comme l'Argo-

(1) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 902.
(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1034 et 1290.

vien inférieur (couche à Spongiaires) qui n'est visible qu'à Saint-Brès et à La Voulte.

Le contact de la nappe charriée avec son substratum se fait le plus souvent par le Bajocien; néanmoins on voit parfois (Saint-Brès, Saint-Ambroix, Saint-Jean-de-Valériscle) la superposition du Toarcien de la nappe sur celui du pays autochtone. Le premier est représenté par des *schistes-cartons* bitumineux à *Leptolepis Bronni*, tandis que le second ne comprend que des marnes grises, friables, souvent un peu jaunâtres, contenant quelques couches de calcaire grisâtre plus ou moins schisteux.

L'affleurement de la surface de base de cette première écaille décrit une ligne sinueuse passant par : Montagne de Saint-Germain, Saint-Martin-de-Valgalgues, Saint-Jean-de-Valériscle, Saint-Ambroix, Mas-de-l'Air. Je crois qu'il se prolonge au Nord par Aubenas, Privas, La Voulte.

Sur cette première écaille repose une écaille infra-crétacée, qui s'avance plus ou moins sur la série jurassique, en refoulant celle-ci tant sur le pays autochtone que sur elle-même, comme on peut s'en rendre compte dans le vallon de Rouvègne, au nord de Saint-Martin-de-Valgalgues. La limite extrême de cette deuxième nappe est plus ou moins parallèle à celle de la nappe jurassique : elle décrit une ligne sinueuse passant par : Alais, Les Mages, Saint-Ambroix, Saint-André-de-Cruzières. Je la prolonge provisoirement au Nord par Berrias, Vogué, Col de l'Escrinet, Le Pouzin.

Ces divers déplacements n'ont, le plus souvent, affecté que superficiellement le substratum, dans lequel ils ont déterminé la formation d'écailles secondaires, sortes de lambeaux de poussée. Mais, le long de la bordure de micaschistes, ils ont entraîné la production de plis qui ont apporté des modifications dans les couches sous-jacentes, plus particulièrement dans le Houiller.

J'ai cité plusieurs fois les gisements de Saint-Brès et de La Voulte qui, de tout temps, ont exercé la sagacité des géologues et des paléontologistes. Situés dans la nappe jurassique dont j'ai parlé précédemment, et probablement près du front de cette nappe, ces gisements sont constitués par une *mylonite* comprenant les éléments suivants : grains de quartz, fragments de micaschistes, Bathonien inférieur (calcaires marneux noirâtres à *Lytoceras tripartitum*), Bathonien supérieur (calcaire encrinitique à *Oppelia aspidoïdes*), Callovien inférieur (marnes à *Posidonomya alpina*), Argovien inférieur (marnes à Spongiaires et à Échinides). On voit ces couches *en place* à Saint-Brès et à La Voulte, et l'on y recueille des espèces que l'on retrouve dans la mylonite; le tout a été classé comme Bathonien, en raison de la

présence d'ammonites bathoniennes dans la mylonite et parce que les marnes à Spongiaires sont situées sous le Callovien à *Reineckeia anceps*.

En réalité, la nappe est reployée sur elle-même; la partie inférieure du repli (couches en place de Saint-Brès et de La Voulte), comprimée contre le horst formé par le pays autochtone, a été réduite partiellement en mylonite; il en est de même dans toute la bande qui, de La Voulte à La Chapelle-sous-Aubenas, marque la limite de la nappe jurassique.

Contrairement à l'opinion accréditée jusqu'ici, il n'existe donc pas, dans ces gisements, une faune particulière comprenant un certain nombre d'espèces qui, apparues dès le Bathonien, auraient persisté jusqu'à l'Argovien : *il y a simplement un mélange de fossiles* et ceux-ci doivent être rangés dans les terrains où on les rencontre normalement. En particulier, *Balanocidaris Euthymei* Dumas (*cidaris*), considéré à tort comme identique à *Balanocidaris pilum* Michelin (*cidaris*) de l'Aptien, appartient à l'Argovien inférieur.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la genèse des formes de terrain appelées* rideaux *en pays crayeux*. Note (1) de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Émile Haug.

On désigne sous le nom de *rideaux* des ressauts de terrain formant des talus escarpés plus ou moins étendus, sur les pentes régulières des versants, dans les paysages de craie. Ces accidents se prêtent plus facilement à la culture sur le flanc des vallées, ils sont particulièrement fréquents en Picardie.

La question de leur origine a suscité maints travaux qui ont été très bien résumés et discutés par M. A. Demangeon dans sa Thèse de doctorat (2). Les *rideaux* ont d'abord été considérés comme des « terrasses diluviales » (3), mais cette idée a été abandonnée pour laisser place à deux interprétations très différentes : l'une de Henri Lasne, l'autre de Albert de Lapparent.

Lasne croit devoir établir un parallélisme entre la direction des diaclases

---

(1) Séance du 15 juillet 1919.

(2) *La Plaine picarde*. Étude de géographie sur les plaines de craie du nord de la France, Paris, A. Colin, 1905, p. 44-48.

(3) Buteux, *Esquisse géologique du département de la Somme*, Paris, F. Savy, 1849, p. 92.

qui affectent la craie et celle des *rideaux*. Il suppose que les eaux d'infiltration à travers ces diaclases se réunissent, en profondeur, en une nappe aquifère au contact de laquelle s'opère une dissolution du carbonate calcique : d'où la formation de cavités souterraines et affaissements consécutifs des masses superposées. En somme, les *rideaux* dessineraient, à la surface, le rejet de failles de tassement ([1]).

A. de Lapparent réfute avec force cette théorie. Il admet que « les rideaux sont l'effet de la régularisation, par le labourage, de tous les accidents naturels qui interrompent la régularité de la pente d'un versant ([2]) » et il attribue ces accidents à des différences de dureté de la craie, quelquefois à l'affleurement d'une diaclase, ailleurs à d'anciens éboulements. Mais les arguments apportés par H. Lasne, à la suite de cette discussion ([3]), ont fait généralement adopter sa manière de voir ([4]).

Au cours d'une excursion dans la vallée de la Seine, j'ai été frappé de voir, sur les pentes crayeuses situées en aval de Mantes, des décollements de l'argile à silex qui m'ont fait penser à la formation des « rideaux ».

Aux environs de Bonnières, ces affleurements crétacés, avec leur modelé caractéristique (downs), sont régulièrement recouverts par une couche plus ou moins mince d'argile rouge, avec nombreux silex, résultant indiscutablement de la décalcification de la craie sous l'influence des eaux superficielles. Or cette argile à silex se décolle sur les pentes par bandes plus ou moins étendues qui laissent apparaître une ligne crayeuse à leur partie supérieure, tandis qu'un bourrelet d'épaississement se forme à leur partie inférieure.

J'ai expliqué ce phénomène par l'action de la pluie qui, en délayant l'argile à silex, lui a donné une certaine plasticité et lui a permis de glisser, de *couler* sous l'effet de son propre poids. Et il m'a paru intéressant de voir ce qu'il pouvait en résulter dans un pays de craie.

J'ai choisi, à ce sujet, la zone côtière de la Picardie comprise entre la Somme et la Bresle, et cela pour deux raisons : d'abord parce que la falaise marine est bordée par des pâturages, les plateaux limoneux seuls étant soumis à la culture; ensuite parce que la falaise abrupte pouvait m'offrir

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 111, 1890, p. 73.

([2]) *Comptes rendus*, t. 111, 1890, p. 660.

([3]) A. de Lapparent, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, t. 29, 1890, p. 1. — H. Lasne, *Comptes rendus*, t. 111, 1890, p. 763, etc.

([4]) A. Demangeon, *loc. cit.*, p. 48.

de belles coupes naturelles, constamment rafraîchies sous la sape continuelle de cette muraille d'une blancheur éclatante.

Voici ce que j'ai observé :

Entre Onival et Mers, la côte est sillonnée par une série de *vallées mortes* qui, par suite de l'empiètement de la mer, sont actuellement suspendues ; on sait qu'elles sont désignées sous le nom de *valleuses*. Les croupes crayeuses qui séparent deux valleuses consécutives sont assez souvent inclinées vers la côte et le bord supérieur de l'abrupt dessine une ligne régulièrement sinueuse. Des « rideaux », élevés parfois de plus de 10^m, suivent grossièrement les courbes de niveau sur les versants des valleuses, offrant aussi des inflexions capricieuses qui semblent devoir écarter, au premier abord, l'idée de ressauts par rejets de failles et aussi celle d'un aménagement pour la culture, en supposant toutefois que cette région de pâturages ait jamais été labourée.

Au bord de la falaise, la coupe naturelle est encore plus instructive. En descendant la pente d'une valleuse, on voit l'argile à silex, d'abord très mince, s'épaissir en approchant d'un « rideau » et, là, atteindre sa puissance maximum représentée par la hauteur de cet escalier gigantesque ; puis, au-dessous du « rideau », on voit l'argile de décalcification disparaître, reprendre un peu plus bas et s'épaissir à nouveau pour offrir encore son maximum dans le « rideau » sous-jacent. Enfin, le fond de la valleuse est toujours encombré par une accumulation importante de l'argile superficielle.

Il ne me semble pas douteux que ces « rideaux » correspondent aux bourrelets d'argile à silex que j'ai observés dans la région de Bonnières. Quant à la bande de craie qui se trouve immédiatement au-dessous de chacun d'eux, elle témoigne du décollement d'un paquet de ces terres argileuses par glissement sous l'effet de la pesanteur, après un délayement par les eaux de pluie.

De plus, je n'ai observé nulle part, au-dessous de chaque « rideau », le moindre jeu des diaclases et cette observation est facile sur la falaise, la stratification de la craie y étant finement tracée par des lignées de petits silex noirs interstratifiés : je n'ai pas vu la moindre dénivellation de ces couches très régulières.

Ainsi, dans la région que j'ai parcourue, si remarquable par ses « rideaux », l'interprétation de Lasne doit être abandonnée. Celle d'Albert de Lapparent n'est pas, non plus, applicable, mais il est facile de comprendre pourquoi ces accidents de terrain sont recherchés par l'agriculteur.

Ces bourrelets de glissement offrent évidemment un sol plus accessible à la charrue, car leur partie supérieure est presque horizontale, comparée aux pentes du versant ; mais à cette circonstance favorable, d'ordre topographique, vient s'ajouter la qualité du *sol*. J'ai constaté, en effet, que chaque « rideau » était recouvert par une couche de limon qui résulte de l'entraînement, par les eaux de ruissellement, des éléments fins de l'argile à silex délayée sur les pentes. Le bourrelet formé par le tassement de cette

argile de surface sur la ligne d'arrêt d'un paquet en progression a formé, en quelque sorte, barrage et a contraint les eaux de ruissellement à déposer leur limon. J'ai même vu, au bord de certains d'entre eux, de petits talus, hauts de quelques décimètres, qui m'ont paru artificiels, et je ne serais pas surpris qu'ils aient été aménagés par la main de l'homme pour arrêter les eaux d'écoulement et les forcer à déposer sur le « rideau » leurs éléments fertilisants.

Enfin, presque invariablement, la craie apparaît immédiatement au pied du «rideau». On se trouve là sur la ligne de décollement de la bande d'argile à silex qui, par sa descente, a donné naissance au « rideau » sous-jacent.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les fosses alvéolaires, les périodontes, les loges alvéolaires et les alvéoles des éléphants et des mastodontes.* Note de M. **Sabba Stefanescu.**

I. D'après Georges Cuvier, chaque molaire d'éléphant est produite dans un sac membraneux « logé dans une cavité osseuse de la même forme que lui, creusée dans l'os maxillaire, et qui doit former un jour l'alvéole de la dent » ; mais, d'après les résultats de mes recherches, la cavité osseuse en question est une poche osseuse, que j'appelle *périodonte*, formée autour du germe de la molaire, *indépendante à l'origine de l'os maxillaire*, et logée dans la *fosse alvéolaire* de cet os.

a. Par *fosse alvéolaire* on doit entendre la grande excavation intérieure longitudinale qui existe dans chaque moitié de maxillaire, dès son organisation chez le fœtus.

b. La muqueuse buccale d'un fœtus d'éléphant d'Afrique que j'ai examiné présente quatre régions allongées, ridées et boursouflées, qui correspondent aux quatre moitiés des deux maxillaires. Un cordon dentaire, fusiforme, mou et blanchâtre, attaché à chacune de leurs faces inférieures, est logé dans la fosse alvéolaire d'au-dessous. Ce cordon est formé de trois germes de molaires, rangés à la file; le premier et le deuxième complets, le troisième incomplet; la partie postérieure grêle de ce dernier se continue avec la partie terminale du cordon dentaire, laquelle, chez le maxillaire inférieur, se prolonge dans le canal dentaire de la branche ascendante.

Chez le fœtus, il n'y a donc que trois germes de molaires, ce qui concorde

parfaitement avec l'observation de Pierre Camper ([1]) et avec l'affirmation de Georges Cuvier ([2]), qui « n'a jamais trouvé ni plus ni moins de trois dents à la fois » chez des éléphants jeunes : « une petite molaire prête à tomber, une seconde en pleine activité et un germe occupant le fond de l'arrière-mâchoire ».

II. D'après de Blainville, l'observation que les germes des molaires des éléphants « sont poussés horizontalement dans une même fosse alvéolaire commune à tous et n'étant séparés que par des cloisons fort minces » est due à Adrien Camper, mais aucun auteur ne nous renseigne sur l'origine de ces cloisons.

Par ce qui suit, je vais combler cette lacune :

a. Sur les squelettes des mâchoires des très jeunes éléphants on trouve toujours les trois molaires de lait, mais tandis que la première est implantée dans un périodonte complètement organisé et fusionné à l'os maxillaire, *c'est-à-dire dans une alvéole*, et que la seconde est logée dans un périodonte jeune, fusionné ou non à l'os maxillaire, mais délimité de toutes parts, *c'est-à-dire dans une loge alvéolaire*, la troisième, qui est incomplète, a seulement sa partie antérieure encapuchonnée par du périodonte, qui s'organise d'avant en arrière, exactement comme la couronne et la racine de la molaire.

b. Les périodontes se suivent à la file, comme les molaires elles-mêmes, dans les fosses alvéolaires qu'ils remplissent.

c. Papyracé et indépendant à son origine, le périodonte prend d'abord la consistance du feutre, devient ensuite spongieux ou celluleux et finalement osseux, plus ou moins compact. En même temps, il adhère, par places d'abord, totalement ensuite, à l'os maxillaire et aux périodontes voisins, pour former avec ceux-ci deux cloisons séparatrices, l'une en avant, l'autre en arrière, concaves en haut ou perforées au milieu, c'est-à-dire semi-lunaires ou annulaires. Par la concavité ou par la perforation des cloisons séparatrices, les couronnes des molaires voisines arrivent en contact direct; chacune d'elles soulève et pousse la molaire d'avant et, à son tour, est soulevée et poussée par celle d'en arrière.

([1]) *Ostéographie*, par de Blainville (*Éléphants*, p. 50-57).

([2]) *Éléphants vivants et fossiles*, p. 71.

d. Le périodonte moule le germe de la molaire et pénètre dans les espaces qui séparent les vallées de la couronne et dans celles qui séparent les branches de la racine de la molaire en formation; les proéminences costiformes qui tapissent ses parois latérales et les anfractuosités qui garnissent son fond lui appartiennent. Par la structure différente des parties externe et interne des parois d'un périodonte, on peut distinguer ce qui lui appartient en propre de ce qui appartient à l'os maxillaire et aux périodontes voisins, auxquels il a adhéré ou fusionné.

e. Le germe de chaque vraie molaire inférieure commence à s'organiser lorsqu'il est emprisonné dans le canal dentaire ; la partie postérieure de son périodonte se prolonge en arrière, de sorte qu'elle peut être touchée et pressée avec le bout du doigt introduit par l'orifice du canal dentaire. Dans cette circonstance, le périodonte jeune, mince et papyracé, peut être perforé facilement, mais le périodonte âgé, épais et osseux, ne se laisse pas perforer.

f. Cette expérience est plus facile à tenter sur le périodonte de la troisième molaire inférieure vraie, dont la partie postérieure se prolonge en arrière jusqu'à l'orifice du canal dentaire, sans contracter la moindre adhérence avec les parois internes de ce canal. S'il s'agit de la mâchoire d'un éléphant indien, le prolongement du périodonte en question est caudiforme, conique ou trigone, et n'atteint pas l'orifice du canal dentaire, qui reste entièrement ouvert, mais s'il s'agit de la mâchoire d'un éléphant africain, ce même prolongement du périodonte est en forme de cornet comprimé verticalement et terminé obliquement en biseau ; il bouche incomplètement l'orifice du canal dentaire et ressemble, en apparence, à un opercule de gastéropode ou à une palette de peintre. Par ce caractère, on peut reconnaître à première vue, et même de loin, le maxillaire inférieur de l'espèce africaine et le distinguer de celui de l'espèce indienne.

g. La structure lâche, spongieuse et celluleuse du périodonte lui donne une sorte de plasticité, qui permet la progression des molaires dans les fosses alvéolaires.

h. La situation du périodonte justifie l'affirmation qu'il est produit par une membrane interposée entre les molaires et les parois des fosses alvéolaires. Après la chute d'une molaire, l'alvéole vidée se comble, par le périodonte qui continue à être produit par la membrane mère, et par la molaire qui vient prendre la place de celle qui est tombée.

III. Les alvéoles des éléphants et des mastodontes sont construites d'après un seul et même plan. Chacune d'elles est divisée par une cloison transversale en deux chambres, l'une antérieure plus petite, occupée par la R_a, et l'autre postérieure plus grande, occupée par la R_p ou par les R_i et le C_p. Le milieu de la cloison transversale est marqué par une proéminence caréniforme, qui correspond à la dépression longitudinale ou sillon infraradical de la racine.

La plus simple des alvéoles des éléphants est celle de la première molaire de lait ; toutes les autres alvéoles des autres molaires sont plus ou moins déformées, par la grosseur de la couronne et par la ramification plus ou moins abondante de la racine. Pourtant, l'alvéole la plus déformée, comme, par exemple, celle de la troisième molaire inférieure vraie d'*Elephas primigenius*, présente encore, quoique très surbaissée et à base très large, la cloison transversale et sa proéminence caréniforme.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

ERRATA.

—

(Séance du 16 juin 1919.)

Note de M. *H. Deslandres*, Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes :

Page 1181, ligne 8, *au lieu de* ils ne donnent pas les bandes rouges du spectre, *lire* ils ne donnent pas les bandes jaunes du spectre.

Page 1182, ligne 10, *au lieu de* on calcule les bandes rouges du spectre, *lire* on calcule les bandes jaunes du spectre.

(Séance du 30 juin 1919.)

Note de MM. *Henri Abraham* et *Eugène Bloch*, Amplificateurs pour courants continus et pour courants de très basse fréquence :

Page 1322, lignes 6, 15, 17, *au lieu de* décèlement, *lire* redressement.